

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-277659
 (43)Date of publication of application : 25.09.2002

(51)Int.Cl. G02B 6/122
 B82B 1/00
 B82B 3/00
 C03C 15/00
 C03C 17/28
 G02B 6/13

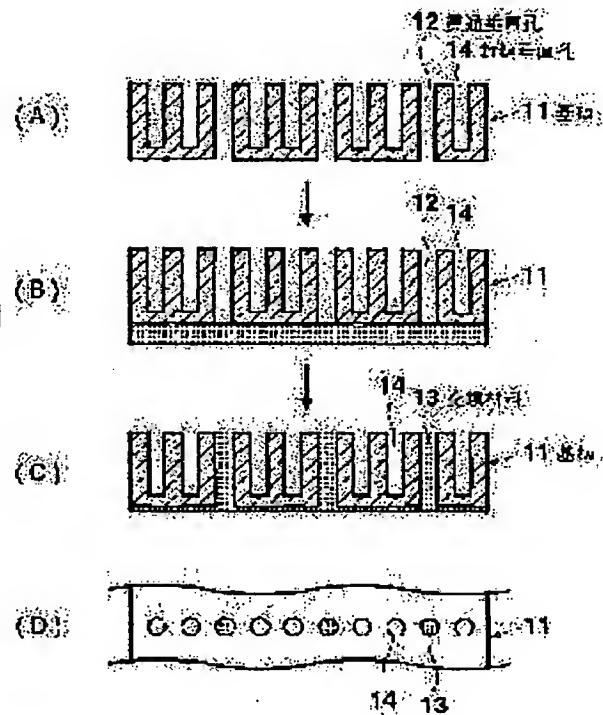
(21)Application number : 2001-082129 (71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
 <NTT>
 (22)Date of filing : 22.03.2001 (72)Inventor : YOKOO ATSUSHI
 NOTOMI MASAYA
 SUZUKI HIROYUKI
 NAKAO MASASHI
 TAMAMURA TOSHIAKI
 MASUDA HIDEKI

(54) PHOTONIC CRYSTAL OPTICAL ELEMENT AND ITS PRODUCING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a photonic crystal optical element capable of optionally introducing a material other than a material constituting photonic crystal and a method for producing the element.

SOLUTION: When through vertical holes 12 and closed vertical holes 14 are formed on a substrate 11 and a filling material 15 is applied to the rear face side of the substrate 11, only the through vertical holes 12 are filled with the material 15 to obtain an optical element of an optional functional material.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 16.08.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3781407
[Date of registration] 17.03.2006
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-277659

(P2002-277659A)

(43) 公開日 平成14年9月25日 (2002.9.25)

(51) Int.Cl.⁷

G 02 B 6/122
B 8 2 B 1/00
3/00
C 03 C 15/00

識別記号

F I

B 8 2 B 1/00
3/00
C 03 C 15/00

テマコード (参考)
2 H 0 4 7
4 G 0 5 9
A
D
E

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 9 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願2001-82129 (P2001-82129)

(22) 出願日

平成13年3月22日 (2001.3.22)

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72) 発明者 横尾 篤

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社

(72) 発明者 納富 雅也

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社

(74) 代理人 100078499

弁理士 光石 俊郎 (外2名)

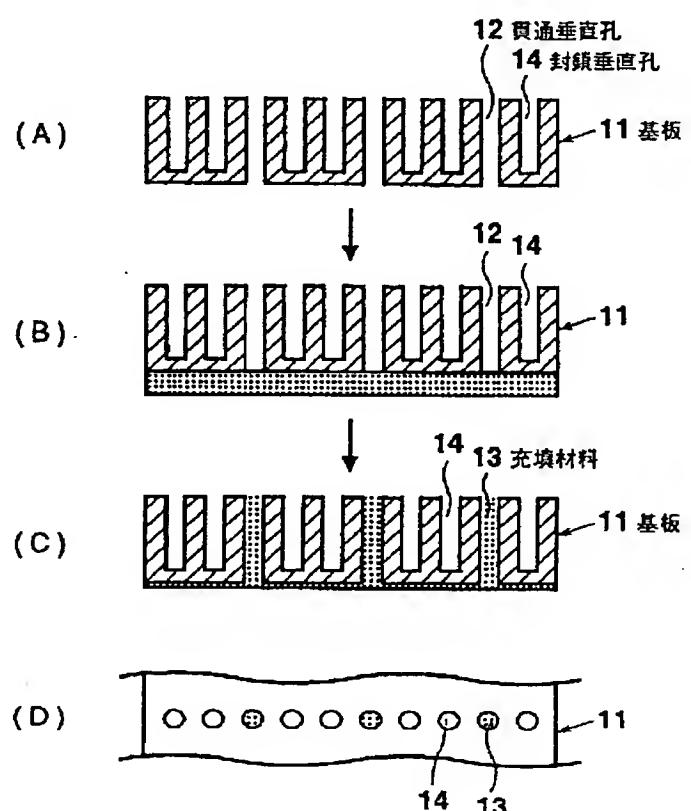
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 フォトニック結晶光学素子とその作製方法

(57) 【要約】

【課題】 フォトニック結晶を構成する材料以外の材料を任意に導入することを可能とするフォトニック結晶光学素子とその作製方法を提供する。

【解決手段】 基板11に貫通垂直孔12及び封鎖垂直孔14が形成されており、次いで基板11の裏面側に充填材料15を塗布することにより、貫通垂直孔12にのみ充填材料15を充填して、任意の機能性材料の光学素子を得るようにした。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1の材料からなる基板に周期的な両端開口の孔を有してなる二次元フォトニック結晶において、

上記孔の一部に充填材料が導入されていることを特徴とするフォトニック結晶光学素子。

【請求項2】 請求項1において、

上記孔の片端が第1の材料又は第2の材料により封鎖され、そのうちの一部が開口していて、両端が開口した孔に対して選択的に充填材料が導入されていることを特徴とするフォトニック結晶光学素子。

【請求項3】 第1の材料からなる基板に対し、第2の材料を用いて部分的に厚みの異なるエッチングマスクを作製する工程と、

基板裏面に第2の材料又は第3の材料によって薄膜を形成する工程と、

エッチングによって、基板に孔を形成し、さらに、裏面薄膜の一部を貫通させる工程と、

基板裏面より充填材料を貫通孔に充填する工程とを有することを特徴とするフォトニック結晶光学素子作製方法。

【請求項4】 バリア層により片端が封鎖された周期的孔を有するアルミナナノホールアレイに、バリア層の一部をイオンビーム等により除去し貫通孔を形成する工程と、

バリア層側より充填材料を貫通孔に充填する工程とを有することを特徴とするフォトニック結晶光学素子作製方法。

【請求項5】 周期的孔を有する基板の表面に対し、孔径と略一致する直径を有する球体を散布することにより、貫通孔の一端が封鎖された封鎖面を作製する工程と、

エッチングにより球体の一部を除去し、封鎖面の一部を再び貫通させる工程と、封鎖面側より充填材料を貫通孔に充填する工程とを有することを特徴とするフォトニック結晶光学素子作製方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は光エレクトロニクスの分野において、フォトニック結晶中に異種材料を導入することを可能としてなるフォトニック結晶光学素子及びフォトニック結晶光学素子作製方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 光エレクトロニクスの分野において、光学素子の小型化及び集積化のために、フォトニック結晶の利用が検討されている。特に、微小光能動素子を実現するためには、フォトニック結晶中に異種材料を任意に導入できることが必要となる。現在検討されているフォトニック結晶として、二次元フォトニック結晶と三次元

フォトニック結晶がある。

【0003】 上記二次元フォトニック結晶は平面光回路への応用が期待されている。二次元フォトニック結晶は、細孔の周期的配列を基本構造とするが、フォトニック結晶光学素子を作製しようとすると、細孔の一部を選択的に充填して屈折率を変化させたり、機能性を持たせたりすることが必要となる。

【0004】 従来の二次元フォトニック結晶光学素子の作製法を図10を参照して説明する。図10は二次元フォトニック結晶光学素子の作製法の概略図である。図10に示すように、基板01に電子ビーム露光などによりパタンニングを行い、該基板01上に金属マスク02を形成する。次いで、エッチングにより垂直貫通孔03を形成することにより、フォトニック結晶が作製される。

【0005】 ここで、上記パタンニングの際、基板01の一部に細孔を形成しない場所を残すことにより光導波部04を形成し、フォトニック結晶光デバイスの特徴である急峻な曲がり導波路04を作製することができる。また、基板01に半導体材料や非線形材料、発光材料などを用いることにより、光導波部に機能性を持たせたり、フォトニック結晶中に発光中心を作製することができる。

【0006】 これらの組み合わせにより、二次元フォトニック結晶光学素子を用いた集積光回路の実現が可能となる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、上述したように、二次元フォトニック結晶光学素子を用いた集積光回路を実現するためには、フォトニック結晶中に様々な機能を持たせることが必要となる。そのために、フォトニック結晶中に異なった性質をもつ材料を任意に導入できることが要求される。

【0008】 しかしながら、図10で示した従来技術にかかる作製法によっては、フォトニック結晶を構成する材料以外の材料を任意に導入することができない。これは、フォトニック結晶に形成された垂直孔03に結晶構成材料以外の材料を導入するなどの微細加工を施すことは、サイズ的に困難であるという問題による。そこで、簡易な方法によりフォトニック結晶中に異種材料を導入することが切望されている。

【0009】 本発明は以上述べた問題に鑑み、フォトニック結晶を構成する材料以外の材料を任意に導入することを可能とするフォトニック結晶光学素子とその作製方法を提供することを課題とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】 本発明の結晶素子の作成方法は、以下に示す手段により上記課題を達成する。発明者らは、二次元フォトニック結晶光デバイスの作製において、孔の片端が封鎖され、そのうちの一部が開口している場合において、封鎖面より充填材料を塗布、又

は、蒸着することにより、両端が開口した孔に対して選択的に充填材料が導入されることを見出した。かかる知見に基づく、第1のフォトニック結晶光学素子の発明は、第1の材料からなる基板に周期的な両端開口の孔を有してなる二次元フォトニック結晶において、上記孔の一部に充填材料が導入されていることを特徴とする。

【0011】また、第2の発明は、第1の発明において、上記孔の片端が第1の材料又は第2の材料により封鎖され、そのうちの一部が開口していて、両端が開口した孔に対して選択的に充填材料が導入されていることを特徴とする。従って、本発明によれば、選択的に充填材料を導入することにより、二次元フォトニック結晶中に任意の機能性材料を導入することができる。

【0012】また、発明者らは、二次元フォトニック結晶光デバイスの作製において、基板裏面に薄膜を形成しておくことにより、エッティングマスクの厚みの違いに対応して、貫通孔と封鎖孔を作製できることを見出した。さらに、封鎖面に充填材料を塗布又は蒸着することにより、貫通孔に対して選択的に充填材料を導入可能であることを見出した。かかる知見に基づく、第1のフォトニック結晶光学素子作製方法は、第1の材料からなる基板に対し、第2の材料を用いて部分的に厚みの異なるエッティングマスクを作製する工程と、基板裏面に第2の材料又は第3の材料によって薄膜を形成する工程と、エッティングによって、基板に孔を形成し、さらに、裏面薄膜の一部を貫通させる工程と、基板裏面より充填材料を貫通孔に充填する工程とを有することを特徴とする。本発明によれば、選択的に充填材料を導入することにより、二次元フォトニック結晶中に任意の機能性材料を導入することができる。

【0013】また、発明者らは、アルミナナノホールを用いた二次元フォトニック結晶光デバイスの作製において、アルミナナノホールアレイの孔の片端を封鎖しているバリア層を、イオンビーム照射により除去し、封鎖孔の一部を選択的に貫通孔とすることを見出した。さらに、封鎖面に充填材料を塗布又は蒸着することにより、貫通孔に対して選択的に充填材料を導入可能であるを見出した。

【0014】かかる知見に基づく、第2のフォトニック結晶光学素子作製方法は、バリア層により片端が封鎖された周期的孔を有するアルミナナノホールアレイに、バリア層の一部をイオンビーム等により除去し貫通孔を形成する工程と、バリア層側より充填材料を貫通孔に充填する工程とを有することを特徴とする。本発明によれば、選択的に充填材料を導入することにより、二次元フォトニック結晶中に任意の機能性材料を導入することができる。

【0015】さらに、発明者らは、二次元フォトニック結晶光デバイスの作製において、貫通孔を有する基板裏面に孔径と略一致する球体を散布した後、余分な球体を

洗い流すことにより、全ての貫通孔の片端を封鎖し、封鎖孔とすることを見出したことにより、イオンビーム照射やエッティングにより球体の一部を除去することにより、封鎖孔の一部を貫通孔とすることを見出した。また、封鎖面に充填材料を塗布又は蒸着することにより、貫通孔に対して選択的に充填材料を導入可能であることを見出した。

【0016】かかる知見に基づく、第3のフォトニック結晶光学素子作製方法は、周期的孔を有する基板の表面に対し、孔径と略一致する直径を有する球体を散布することにより、貫通孔の一端が封鎖された封鎖面を作製する工程と、エッティングにより球体の一部を除去し、封鎖面の一部を再び貫通させる工程と、封鎖面側より充填材料を貫通孔に充填する工程とを有することを特徴とする。本発明によれば、選択的に充填材料を導入することにより、二次元フォトニック結晶中に任意の機能性材料を導入することができる。

【0017】上記発明において、第1の材料としては、例えばアルミナ、シリコン、酸化シリコン、GaAs、InP等を用いるようにすることが好ましい。上記発明において、充填材料としては、例えばSiO₂ゲル、TiO₂ゲル、ポリチオフェン、ポリフェニレンビニレン、ポリアセチレン、アルミナゲル、水酸化アルミニウムや、有機エレクトロルミネッセンス材料であるAlq₃、DCM色素等の機能性充填材料を用いるようにすることが望ましい。上記発明において、第2及び第3の材料としては、例えばTi, Ni, Au, Cr, Co, ZEP, PMMA, SiO₂等を用いるようにすることが望ましい。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図面を参照しつつ説明するが、本発明はこれに限定されるものではない。

【0019】「第1の実施の形態」図1は第1の実施の形態にかかる光学素子を示す模式工程図である。本実施の形態にかかる光学素子は、図1 (C) 及び (D) に示すように、第1の材料からなる基板11に周期的な両端開口の垂直貫通孔12を有してなる二次元フォトニック結晶において、上記垂直貫通孔12の一部に任意の機能性の充填材料13が導入されているものである。

【0020】図1 (A) ~ (D) に示すように、本実施の形態では、基板11に貫通垂直孔12及び封鎖垂直孔14が形成されており(図1 (A) 参照)、次いで基板11の裏面側に充填材料15を塗布することにより(図1 (B) 参照)、貫通垂直孔12にのみ充填材料13を充填して(図1 (C) 及び (D) 参照)、任意の機能性材料の光学素子を得るようにしたものである。

【0021】すなわち、二次元フォトニック結晶光デバイスの作製において、複数の孔の内の所定孔のみを貫通垂直孔12と共に残りを下端を封鎖して上端を開

口してなる垂直封鎖貫通孔14を形成し、基板11の裏面側より充填材料15を塗布、又は、蒸着するようにしたものである。この結果、両端が開口した貫通垂直孔12に対して基板11の裏面側から選択的に充填材料13が導入されることになる。従って、上記の方法で、選択的に充填材料13を導入することにより、二次元フォトニック結晶中に任意の機能性材料を充填して導入することができ、該機能性材料の特性が発揮された機能性光学素子を得ることができる。

【0022】また、図2に示すように、基板11の裏面側に残った充填材料13をエッティング、酸処理等の方法により積極的に剥離し、上記充填材料13を貫通垂直孔12の内部のみに充填した光学素子とすることで、より機能性材料の充填効果を発揮させるようにしてもよい。

【0023】なお、本実施の形態では孔を垂直孔として説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、所定角度の斜めの孔であってもよい。

【0024】[第2の実施の形態] 図3は本発明による第2の光学素子作製方法実施の形態を示す模式図である。

① 先ず、図3に示すように、例えば電子ビーム露光などにより、第1の材料である基板21上に、第2の材料であり、厚みの異なる2種類の第1及び第2のエッティングマスク22A, 22Bを形成する(図3(A)参照)。上記第1のエッティングマスク22Aは基板21の厚み方向に薄いマスクであり、一方の第2のエッティングマスク22Bは基板21の厚み方向に厚いマスクである。この厚さの違うマスクを用いるのは、後述するように、エッティング速度の相違により、任意の箇所のみに貫通孔を形成するためである。さらに、基板21の裏面に上記エッティングマスクの材料と同材料で裏面側の薄膜23を形成する(図3(A))。なお、薄膜23は第2の材料と異なる第3の材料から形成されるようにしてもよい。

② ドライエッティングなどによって、基板21に垂直孔24を形成する(図3(B))。

③ さらにエッティングを進めると、厚みの薄いエッティングマスク22Aが除去されると同時に、垂直孔24においては裏面側の薄膜23がエッティングされ、貫通垂直孔25が形成される(図3(C))。

④ さらに、エッティングを進め、厚みの薄いエッティングマスク22Aが形成されていた基板部分を裏面薄膜の直前までエッティングし、封鎖垂直孔26を形成する(図3(D))。

⑤ その後、充填材料27を基板21の裏面側に塗布する(図3(E))。

⑥ 最後に、貫通垂直孔27にのみ充填材料27を充填する(図3(F))。この充填は毛管現象により充填材料27が貫通垂直孔27の端面から充填されることにより行なわれる。

10

【0025】なお、充填材料27を蒸着によって貫通垂直孔27に充填する場合には、図3(E)と図3(F)との工程が同時に行なわれることになる。

【0026】[第3の実施の形態] 図4は本発明による第3の光学素子作製方法実施の形態を示す模式図である。

① 先ず、図4において、片端が封鎖された封鎖垂直孔31を有するアルミナナノホールアレイ32のバリア層33に対し、蒸着により金属膜34を形成する(図4(A), (B))。

② イオンビーム照射により所定箇所のバリア層33の一部をアレイ32の裏面側から除去し、貫通垂直孔35を作製する(図4(C))。

③ 次いで、バリア層33側より充填材料36を塗布する(図4(D))。この充填材料36の塗布することにより、貫通垂直孔35にのみ充填材料36が充填され、光学素子を得る(図4(E))。

【0027】上記金属膜34を酸等により剥離することで、充填材料36と金属膜34とを同時に取り去ることができ、充填材料36が付着した状態の光学素子の場合に比べて光学素子の機能性効率が向上する。

【0028】[第4の実施の形態] 図5は本発明による第2の光学素子作製方法実施の形態を示す模式図である。

① 先ず、図5において、周期的な貫通垂直孔41を有する基板42の表面に孔41と孔径が略一致する球体43を散布し、貫通垂直孔41の一端を封鎖し、封鎖垂直孔44を作製する(図5(A), (B))。

② 次いで、蒸着により、エッティングマスク45を形成した後、イオンビーム照射により金属膜の一部を除去する(図5(C), (D))。

③ 次いで、ドライエッティングにより金属膜45が除去された球体46をエッティングし、貫通垂直孔47を作製する(図5(E))。

④ 次いで、封鎖面側より充填材料48を塗布する(図5(F))。これにより貫通垂直孔47にのみ充填材料を充填し、光学素子を得る(図5(G))。

【0029】ここで、本発明で基板の材質としては、例えばアルミナ、シリコン、酸化シリコン、GaAs、InP等を挙げることができるが、光学素子用の公知の基板材料であれば、これに限定されるものではない。

【0030】本発明で充填材料としては、例えばSiO₂ゲル、TiO₂ゲル、ポリチオフェン、ポリフェニレンビニレン、ポリアセチレン、アルミニガル、水酸化アルミニウム等を挙げることができるが、光学素子等に用いる公知の機能性充填材料であれば、これに限定されるものではない。

【0031】本発明でエッティングマスクの材質としては、例えばTi, Ni, Au, Cr, C₆O, ZEP, PMMA, SiO₂等を挙げることができるが、公知の

20

が付着した状態の光学素子の場合に比べて光学素子の機能性効率が向上する。

【0028】[第4の実施の形態] 図5は本発明による第2の光学素子作製方法実施の形態を示す模式図である。

① 先ず、図5において、周期的な貫通垂直孔41を有する基板42の表面に孔41と孔径が略一致する球体43を散布し、貫通垂直孔41の一端を封鎖し、封鎖垂直孔44を作製する(図5(A), (B))。

② 次いで、蒸着により、エッティングマスク45を形成した後、イオンビーム照射により金属膜の一部を除去する(図5(C), (D))。

③ 次いで、ドライエッティングにより金属膜45が除去された球体46をエッティングし、貫通垂直孔47を作製する(図5(E))。

④ 次いで、封鎖面側より充填材料48を塗布する(図5(F))。これにより貫通垂直孔47にのみ充填材料を充填し、光学素子を得る(図5(G))。

【0029】ここで、本発明で基板の材質としては、例えばアルミナ、シリコン、酸化シリコン、GaAs、InP等を挙げることができるが、光学素子用の公知の基板材料であれば、これに限定されるものではない。

【0030】本発明で充填材料としては、例えばSiO₂ゲル、TiO₂ゲル、ポリチオフェン、ポリフェニレンビニレン、ポリアセチレン、アルミニガル、水酸化アルミニウム等を挙げることができるが、光学素子等に用いる公知の機能性充填材料であれば、これに限定されるものではない。

【0031】本発明でエッティングマスクの材質としては、例えばTi, Ni, Au, Cr, C₆O, ZEP, PMMA, SiO₂等を挙げることができるが、公知の

40

が挙げることができるが、光学素子用の公知の基板材料であれば、これに限定されるものではない。

【0030】本発明で充填材料としては、例えばSiO₂ゲル、TiO₂ゲル、ポリチオフェン、ポリフェニレンビニレン、ポリアセチレン、アルミニガル、水酸化アルミニウム等を挙げることができるが、光学素子等に用いる公知の機能性充填材料であれば、これに限定されるものではない。

【0031】本発明でエッティングマスクの材質としては、例えばTi, Ni, Au, Cr, C₆O, ZEP, PMMA, SiO₂等を挙げることができるが、公知の

50

マスク材質であれば、これに限定されるものではない。

【0032】本発明によれば、二次元フォトニック結晶の任意の孔を充填することが可能となり、二次元フォトニック結晶を用いた光機能素子を作製する方法として特に有効である。

【0033】

【実施例】以下、本発明の好適な実施例を示すが、本発明はこれに限定されるものではない。

【0034】(実施例1) 実施例1は図1に示す実施形態にかかる方法の具体的な実施例である。フォトニック結晶基板として、AlGaAs基板11に電子ビーム露光及びエッチングにより周期0.25μmの周期的封鎖垂直孔14を作製した。位置合わせを行い再度電子ビーム露光とエッチングを繰り返すことで、封鎖垂直孔の一部を貫通垂直孔12とした。該封鎖面よりポリチオフェン溶液をスピンドルコートにより塗布し、固化させて光学素子100Aを作製した。なお、本実施例では孔径は、上記周期(0.25μm)の25~85%の範囲とした。

【0035】図6に示されるようなパターンを有した光学素子100Aのポリチオフェン充填材料13を充填した充填部に波長600nmの励起光を照射し、上面に出射される750nmの蛍光を観察したところ、フォトニックバンドギャップによる閉じ込め効果により、バルクのポリチオフェン薄膜からの発光に比べ100倍の蛍光収率を得た。

【0036】(実施例2) 次に本発明による別な実施例を示すが、実施例2は図3に示す実施形態にかかる方法の具体的な実施例である。基板21としてSi基板を用いた。また、エッチングマスク材料及び裏面薄膜材料として、SiO₂を用いた。電子ビームリソグラフィを繰り返し、厚みの異なるSiO₂エッチングマスクパターンを作製した。C₂F₆を用いたドライエッチングにより、周期0.25μmの周期的貫通垂直孔25及び封鎖垂直孔26を作製した。基板を裏返し、PMMA溶液をスピンドルコートにより塗布し固化させた。フッ酸中で裏面のSiO₂膜とともに余分なPMMAを除去した。図7に示されるような充填材料27で充填してなるPMMA充填部を有する光学素子100Bを作製した。上記PMMA充填部114に光入射を行ったところ、良好な導波路となることを確認した。

【0037】(実施例3) 次に本発明による別な実施例を示すが、実施例3は図4に示す実施形態にかかる方法の具体的な実施例である。バリア層を有した300nm周期のアルミナナノホールアレイ32のバリア層側にNi250nmを蒸着した。イオンビーム照射により、バリア層を観察しながら1.5μm周期でバリア層を除去した。バリア層側から充填材36であるポリチオフェン溶液をスピンドルコートにより塗布し固化させた。塩酸中で裏面のNi膜とともに余分なポリチオフェンを除去した。図8に示されるような充填材料36で充填してなるポリ

チオフェン充填部を有する光学素子100Cを作製した。上記ポリチオフェン充填部に波長600nmの励起光を照射し、上面に出射される750nmの蛍光を観察したところ、フォトニックバンドギャップによる閉じ込め効果により、バルクのポリチオフェン薄膜からの発光に比べおよそ100倍の蛍光収率を得た。

【0038】(実施例4) 次に本発明による別な実施例を示すが、実施例4は図5に示す方法の具体的な実施例である。孔径80nm、ピッチ300nmの垂直孔を有するSi基板42を用いた。基板上に直径310nmのポリスチレン球43を散布し、洗浄して余分なポリスチレン球を取り除いた後、封鎖面からNi膜を蒸着した。

イオンビームにより一部のNi膜を除去した後、O₂RIEによるエッチングで当該個所のポリスチレン球をエッチングし、貫通垂直孔48を作製した。封鎖面側からポリチオフェン溶液をスピンドルコートにより塗布し固化させた。図9に示されるようなパターンの充填材料48で充填してなるポリチオフェン充填部を有する光学素子100Dを作製した。上記ポリチオフェン充填部に波長600nmの励起光を照射し、上面に出射される800nmの蛍光を観察したところ、フォトニックバンドギャップによる閉じ込め効果により、バルクのポリチオフェン薄膜からの発光に比べ100倍の蛍光収率を得た。

【0039】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、二次元フォトニック結晶中の孔を選択的に充填することにより、二次元フォトニック結晶中に機能性材料を任意に導入してなる光学素子を得ることが可能となり、フォトニック結晶を用いた機能性光学素子を作製することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるフォトニック結晶光学素子の実施の形態を示す模式図である。

【図2】本発明によるフォトニック結晶光学素子の実施の形態を示す模式図である。

【図3】本発明によるフォトニック結晶光学素子作製方法の実施の形態を示す模式的工程図である。

【図4】本発明によるフォトニック結晶光学素子作製方法の別の実施の形態を示す模式的工程図である。

【図5】本発明によるフォトニック結晶光学素子作製方法の別の実施の形態を示す模式的工程図である。

【図6】本発明の第1の実施例におけるフォトニック結晶光学素子の上面と断面を示す図である。

【図7】本発明の第2の実施例におけるフォトニック結晶光学素子の上面と断面を示す図である。

【図8】本発明の第3の実施例におけるフォトニック結晶光学素子の上面と断面を示す図である。

【図9】本発明の第4の実施例におけるフォトニック結晶光学素子の上面と断面を示す図である。

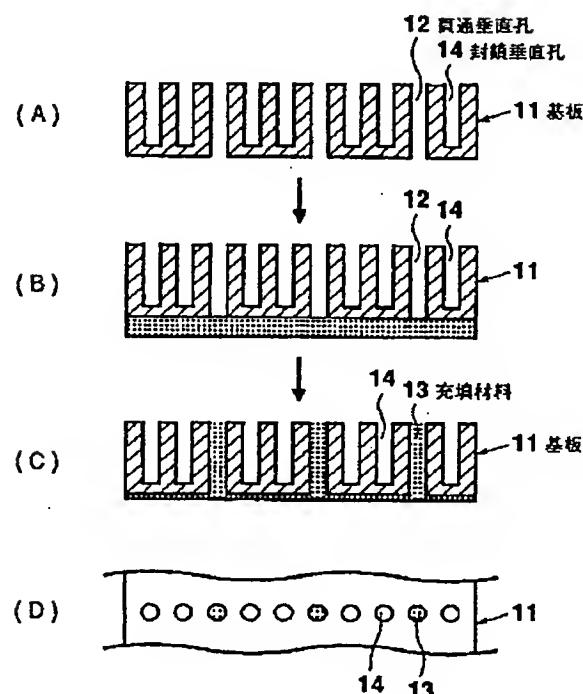
【図10】従来方法によるフォトニック結晶光学素子作

製方法を示す模式的工程図である

【符号の説明】

- 1 1 基板
- 1 2 垂直貫通孔
- 1 3 充填材料
- 1 4 封鎖垂直孔
- 2 1 基板
- 2 2 A 第1のエッチングマスク
- 2 2 B 第2のエッチングマスク
- 2 3 薄膜
- 2 4 垂直孔
- 2 5 貫通垂直孔
- 2 6 封鎖垂直孔
- 2 7 充填材料

【図1】



* 3 1 封鎖垂直孔

3 2 アルミナナノホールアレイ

3 3 バリア層

3 4 金属膜

3 5 貫通垂直孔

3 6 充填材料

4 1 垂直孔

4 2 基板

4 3 球体

10 4 4 封鎖垂直孔

4 5 エッチングマスク

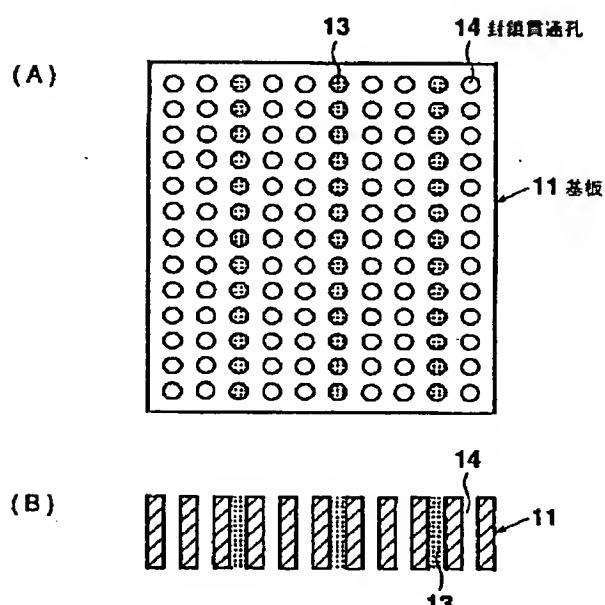
4 6 金属膜が除去された球体

4 7 貫通垂直孔

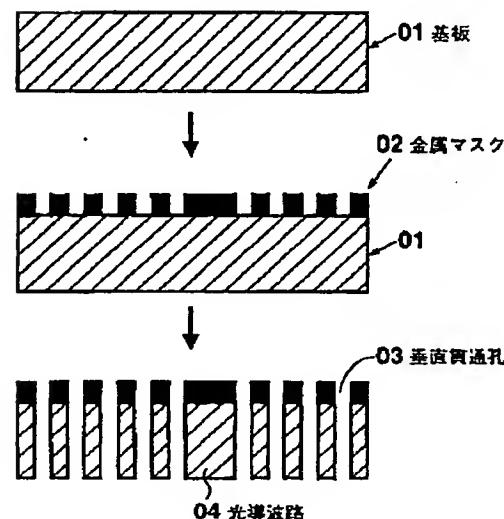
4 8 充填材料

*

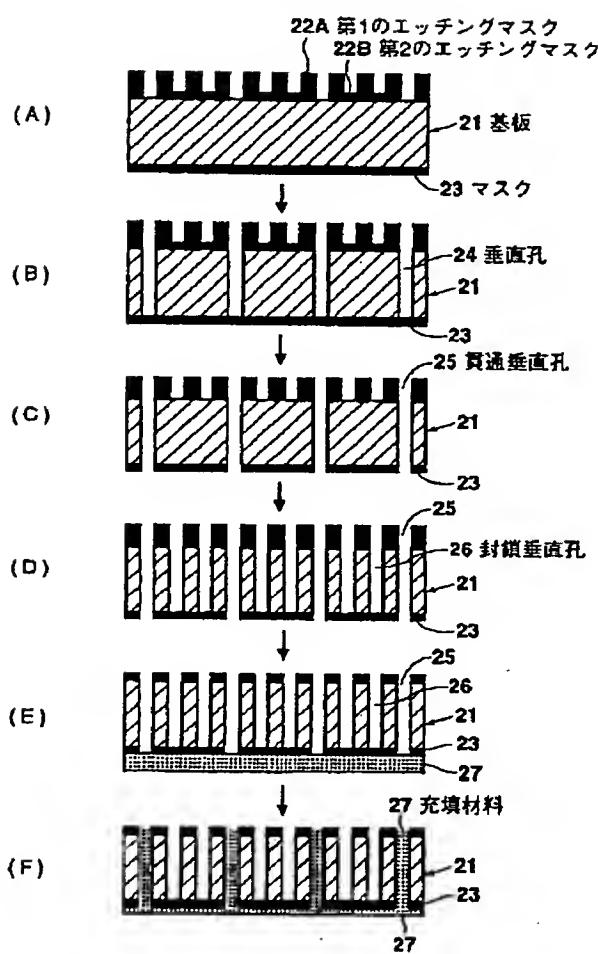
【図2】



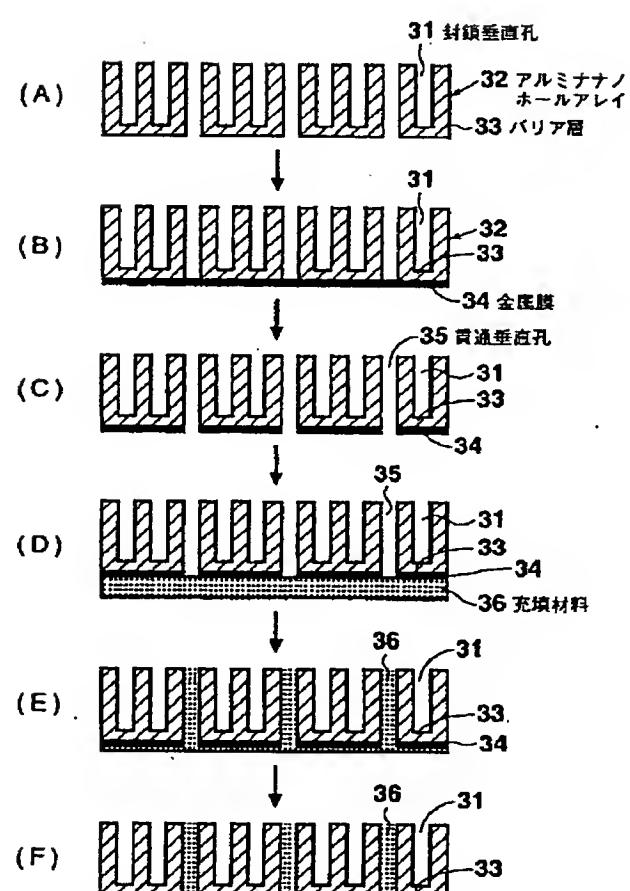
【図10】



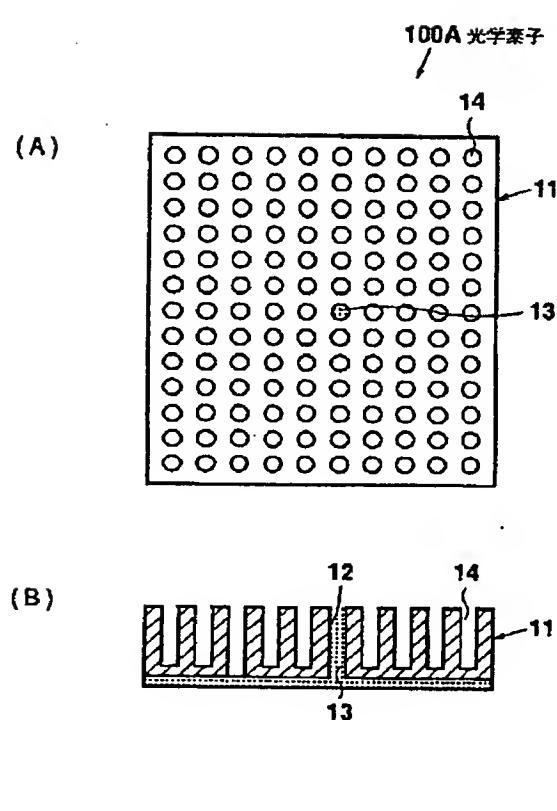
【図3】



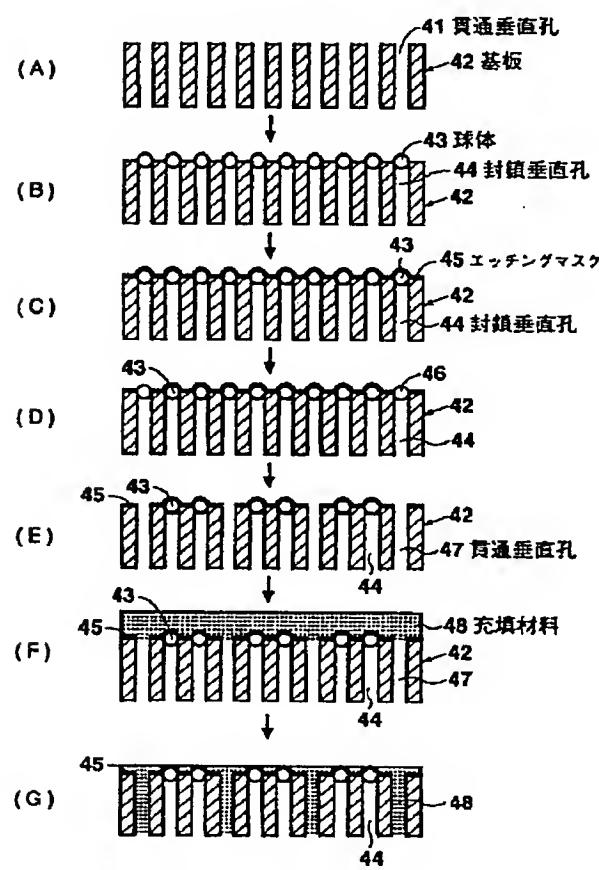
【図4】



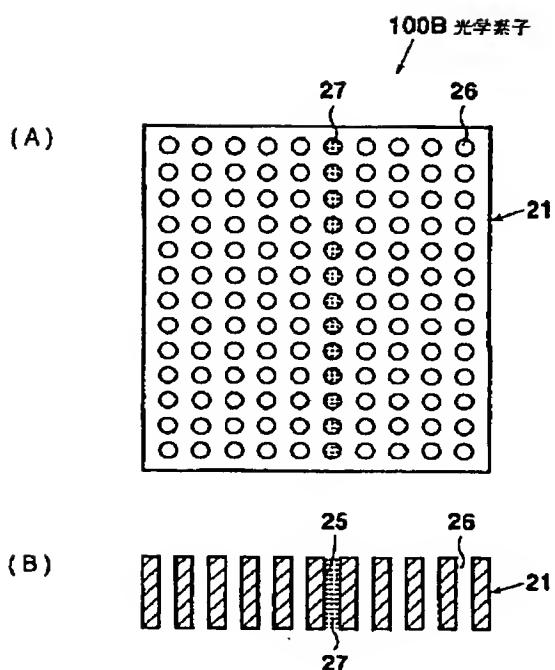
【図6】



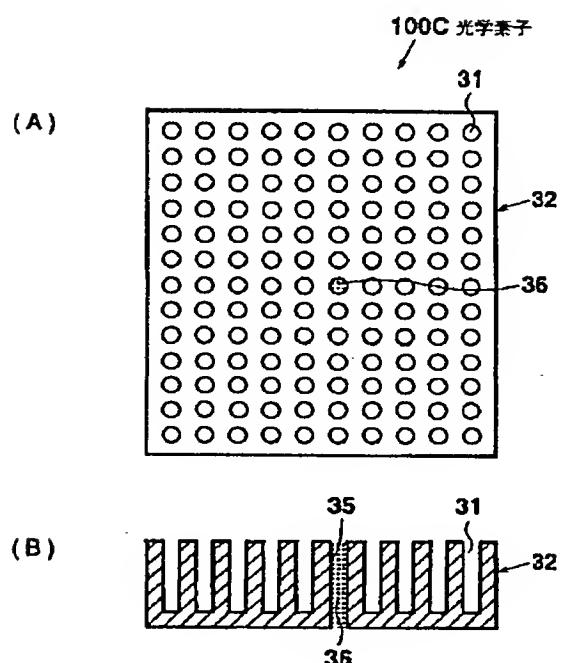
【図5】



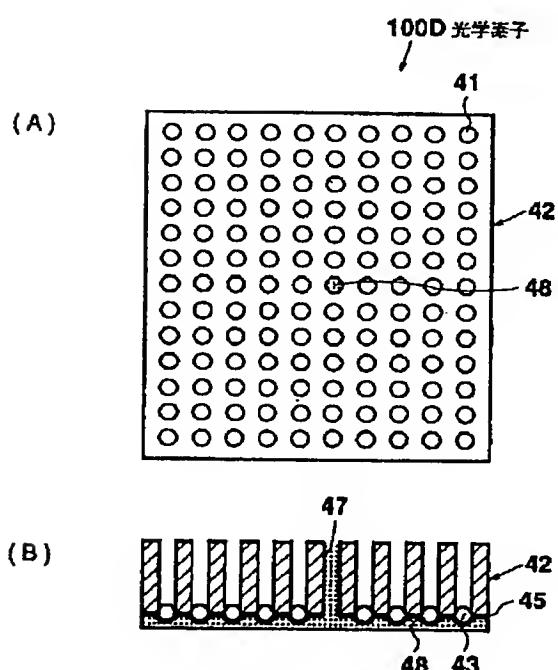
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁷
 C 03 C 15/00
 17/28
 G 02 B 6/13

識別記号

F I
 C 03 C 17/28
 G 02 B 6/12

テーマコード(参考)
 A
 A
 M

(72) 発明者 鈴木 博之
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社
(72) 発明者 中尾 正史
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社

(72) 発明者 玉村 敏昭
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社
(72) 発明者 益田 秀樹
東京都八王子市別所2-13-2-510
F ターム(参考) 2H047 LA02 PA02 PA03 PA21 PA24
QA02 QA04 QA05 TA11
4G059 AA08 AB06 AB07 AB09 AB11
AC15 BB01 BB04 BB14 FA07
FB05